

## Multi-axis industrial robot

**Patent number:** DE3319169  
**Publication date:** 1983-12-08  
**Inventor:** TAMURA KINICHI [JP]; SEKINE YOSHITADA [JP]  
**Applicant:** NISSAN MOTOR [JP]

**Also published as:**

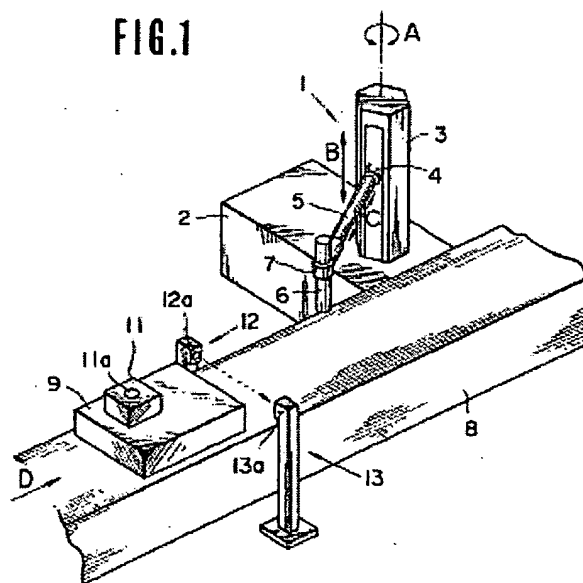
JP58206389 (A)  
GB2121561 (A)  
FR2527493 (A1)  
SE8302814 (L)

**Classification:**  
- **international:** G05B19/02; B23P19/04; B25J9/00  
- **european:** B23P19/06; B25J9/00T  
**Application number:** DE19833319169 19830526  
**Priority number(s):** JP19820089979 19820528

Abstract not available for DE3319169

Abstract of corresponding document: **GB2121561**

A multi-axis industrial robot (1) cancels the positioning error between the multi-axis robot and the parts (9,11) to be assembled and synchronizes its movement with that of the assembly line conveyor belt (8). The positioning error can be cancelled by freeing predetermined movable parts (3,4,5,) of the robot (1) for a particular period of time during a critical assembly operation of the robot to allow the freed movable parts to conform to the shape and movement of the part to be assembled while the remaining movable part(s) is driven under a predetermined active control procedure which performs the actual assembly operation.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ Offenlegungsschrift  
①⑪ DE 33 19 169 A 1

⑤① Int. Cl. 3:  
G 05 B 19/02

B 23 P 19/04  
B 25 J 9/00

②① Aktenzeichen: P 33 19 169.7  
②② Anmeldetag: 26. 5. 83  
②③ Offenlegungstag: 8. 12. 83

DE 33 19 169 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
28.05.82 JP P57-89979

⑦① Anmelder:  
Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP

⑦④ Vertreter:  
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,  
Dipl.-Ing., 8000 München; Steinmeister, H.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4800 Bielefeld

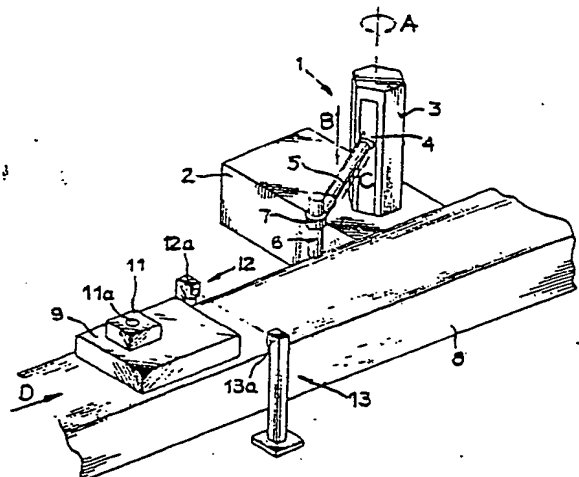
⑦② Erfinder:  
Tamura, Kinichi, Mitaka, Tokyo, JP; Sekine,  
Yoshitada, Hoya, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Industrieroboter mit in mehreren Dimensionen beweglichem Arbeitskopf

Die Erfindung betrifft einen Industrieroboter mit in mehreren Dimensionen beweglichem Arbeitskopf, der eine selbsttätige Korrektur von Fehlausrichtungen zwischen dem Roboter und den zu bearbeitenden Werkstücken sowie eine Synchronisation der Bewegung des Roboters mit der der auf einem Fließband od.dgl. transportierten Werkstücke gestattet. Die Positionskorrektur wird dadurch erreicht, daß bestimmte bewegliche Glieder (3, 5) des Roboters (1) während eines bestimmten Zeitintervalls in einer kritischen Phase des Arbeitszyklus freigegeben werden. Die freigegebenen Teile ermöglichen es, daß der Arbeitskopf (6) des Roboters der Form von Führungsflächen (11a) an den Werkstücken (9, 11) sowie der Bewegung der Werkstücke auf dem Fließband (8) folgen kann. Während dieses Zeitintervalls ist wenigstens ein anderes bewegliches Glied (4), dessen Bewegung für den eigentlichen Arbeitsvorgang erforderlich ist, mit seinem zugeordneten Antrieb verbunden und daher durch aktive Steuerung beweglich.

(33 19 169)



772-1017

3319169

# TER MEER-MÜLLER-STEINMEISTER

PATENTANWÄLTE - EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

Dipl.-Chem. Dr. N. ter Meer	Dipl.-Ing. H. Steinmeister
Dipl.-Ing. F. E. Müller	Artur-Ladebeck-Strasse 51
Triftstrasse 4,	D-4800 BIELEFELD 1
D-8000 MÜNCHEN 22	

WG 82391/102(3)/TB

St/Wi/sc

26. Mai 1983

NISSAN MOTOR COMPANY, LTD.  
2, Takara-cho, Kanagawa-ku,  
Yokohama-shi, Kanagawa-ken,  
Japan

---

INDUSTRIEROBOTER MIT IN MEHREREN DIMENSIONEN BEWEGLICHEM  
ARBEITSKOPF

---

PRIORITÄT: 28.05.1982, Japan, Nr. 57-89979

## PATENTANSPRÜCHE

1. Industrieroboter mit in mehreren Dimensionen beweglichem Arbeitskopf und mit mehreren Positioniergliedern, die jeweils auf entsprechende Befehlssignale in vorgegebene Richtungen beweglich sind, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei (3,5) der Positionierglieder (3,4,5) in den betreffenden vorgegebenen Richtungen frei beweglich sind, wenn sie keine Befehlssignale erhalten, und daß Ein-

- 2 -

richtungen ( $NC_{11}, NC_{21}$ ; 28,29) zur Unterbrechung der Befehlssignale in einem vorgegebenen Zeitintervall während einer bestimmten Betriebsphase des Roboters (1), in der äußere Kräfte zur Führung des Arbeitskopfes zur Verfügung stehen, durch eine Steuereinheit (15) betätigt werden.

2. Industrieroboter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionierglieder ein geradlinig, insbesondere in der vertikalen hin und her bewegliches Positionierglied (4) umfassen und daß wenigstens zwei der übrigen Positionierglieder (3,5) im Zusammenwirken eine Bewegung des Arbeitskopfes des Roboters (1) an einen beliebigen Punkt in einer zu der Bewegungsrichtung des geradlinig bewegten Positioniergliedes (4) senkrechten Ebene gestatten.

3. Industrieroboter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterbrechungs-Einrichtungen ( $NC_{11}, NC_{21}$ ) selektiv die Befehlssignale für die beiden Positionierglieder (3,5) unterbrechen, die die Bewegung in der Ebene gestatten, während sie die ununterbrochene Zufuhr von Befehlssignalen zu dem senkrecht zu dieser Ebene beweglichen Positionierglied (4) ermöglichen.

4. Industrieroboter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitskopf des Roboters ein Befestigungs-Werkzeug (6) zum Verbinden mehrerer, auf einem Förderband (8) bewegter oder auf einer feststehenden Bank (47) festgelegter Montageteile (9,11; 48,49) trägt und daß das Befestigungs-Werkzeug (6) zur Führung des Arbeitskopfes in eine verjüngte Einsenkung (11a; 49a) eines der Werkstücke einführbar ist.

5. Industrieroboter nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

- 3 -

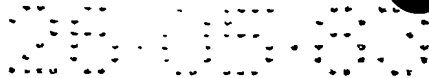
z e i c h n e t, daß das Zeitintervall, in dem die Befehlssignale für die Positionierglieder (3,5) unterbrochen sind, unmittelbar vor der Einführung des Befestigungs-Werkzeugs (6) in die Einsenkung beginnt und wenigstens so lange andauert, bis das Werkzeug (6) nach dem Abschluß des Befestigungsvorgangs aus der Einsenkung herausgezogen wurde.

6. Industrieroboter nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Befestigungs-Werkzeug eine Muttern-Anziehvorrichtung (6) zum Aufschrauben einer von dem unteren Ende der Anziehvorrichtung aufgenommenen Mutter (14) auf einen senkrecht durch die Einsenkung (11a;49a) des einen Werkstücks ragenden Gewindestift (10) ist.

7. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebene, in der der Arbeitskopf des Roboters (1) mit Hilfe der Positionierglieder (3,5) wahlweise aktiv oder passiv beweglich ist, parallel zu der Förderrichtung des Förderbandes (8) bzw. zu der die Montageteile tragenden Bank (47) verläuft.

8. Industrieroboter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionierglieder (3,4,5) durch Motoren bewegt werden und daß die Unterbrechungs-Einrichtungen normalerweise geschlossene, simultan zu öffnende Kontakte (NC<sub>11</sub>, NC<sub>21</sub>) in den Antriebsleitungen für die Motoren sind, die den frei beweglichen Positioniergliedern (3,5) zugeordnet sind.

9. Industrieroboter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zum Öffnen der Kontakte NC<sub>11</sub>, NC<sub>21</sub>



3319169

TER MEER · MÜLLER · STEINMEISTER

Nissan

- 4 -

Relais-Magnetspulen ( $MC_1, MC_2$ ) vorgesehen sind.

10. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß die Positionier-  
5 glieder (3,4,5) durch Hydraulikzylinder (25,26,27) an-  
treibbar sind und daß die Unterbrechungs-Einrichtungen  
durch spulenbetätigte Ventile (28,29) gebildet sind,  
die jeweils die beiden Arbeitskammern der den frei be-  
weglichen Positioniergliedern (3,5) zugeordneten Hy-  
10 draulikzylinder (26,27) miteinander verbinden.

15

20

25

30

35

- 5 -

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft einen Industrieroboter gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

5

In jüngerer Zeit sind Industrieroboter für den Einsatz an Montagelinien in Fabrikationsanlagen entwickelt worden. Bei derartigen Industrierobotern besteht in einigen Fällen ein wesentlicher Teil der Arbeit des Roboters darin, die zu montierenden Teile miteinander zu verschrauben. Es ist daher wesentlich, daß Schraubvorgänge und ähnliche Befestigungsvorgänge in rascher Abfolge mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit ausgeführt werden können. Darüber hinaus ist es wichtig, daß derartige Industrieroboter sich leicht an den Einsatz an Montagelinien anpassen lassen. Dies gilt insbesondere in den Fällen, in welchen der Roboter an einem Förderband eingesetzt werden soll, daß Montageteile oder Unter-Baugruppen des herzustellenden Erzeugnisses, beispielsweise eines Kraftfahrzeugs, auf einem Förderband während der Bearbeitung kontinuierlich weitertransportiert.

10  
15  
20

Damit Montageoperationen wie das Anziehen von Schrauben oder Muttern schnell und zuverlässig ausgeführt werden können, ist es wichtig, die Wiederholbarkeit der Arbeitsgänge eines derartigen Industrieroboters zu verbessern. Ein wesentliches Moment ist dabei die Korrektur von Positionsabweichungen des Arbeitskopfes des Roboters von der Lage der zu bearbeitenden Stelle der Werkstücke. Sofern der Roboter an einem Fließband installiert ist, ist es darüber hinaus besonders wichtig, die Bewegung des Roboters mit der des Fließbandes oder des Förderbandes der Montagelinie zu synchronisieren. Es ist jedoch sehr aufwendig und schwierig, das Steuersystem des Roboters mit dem Synchronisations-Steuersystem des Förderbandes zu koppeln,

25  
30  
35

- 6 -

da in diesem Fall eine komplizierte dynamische Analyse sowohl des Roboters als auch der gesamten Montagelinie erforderlich ist.

- 5 Die Erfindung ist darauf gerichtet, einen Industrieroboter mit in mehreren Dimensionen beweglichem Arbeitskopf zu schaffen, bei dem Lagekorrekturen allein mit Hilfe der eigenen Steuerung des Roboters auf einfache Weise durchgeführt werden können. Ferner sollen die  
10 Bewegungen des Roboters auf einfache Weise mit denjenigen der Montagelinie synchronisierbar sein.

- Die Erfindung ergibt sich im einzelnen aus dem kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen  
15 angegeben.

- Ein erfindungsgemäßer Roboter mit in mehreren Dimensionen beweglichem Arbeitskopf, im folgenden kurz Mehrachsen-Roboter genannt, umfaßt mehrere miteinander verbundene Positionierglieder, die mit Hilfe elektrischer oder hydraulischer Antriebe (Motoren oder Hydraulikzylinder) jeweils in bestimmte Richtungen relativ zueinander beweglich sind, so daß mit ihrer Hilfe der an einem Ende eines Positioniergliedes angeordnete Montagekopf des Roboters in mehreren Dimensionen, d.h., auf einer Fläche oder in einem bestimmten Raumgebiet bewegt werden kann. Erfindungsgemäß sind wenigstens zwei der Positionierglieder frei beweglich, wenn ihre jeweiligen Antriebe abgeschaltet sind. Der Roboter umfaßt ferner Einrichtungen zur Unterbrechung der Antriebs- oder Befehlssignale für diese beiden Positionierglieder und Steuer- und Betätigungseinrichtungen, die die Antriebe der Positionierglieder während eines bestimmten Zeitintervalls abschalten.  
30 Dieses Zeitintervall entspricht einer bestimmten Be-  
35



- 7 -

triebsphase des Roboters, in der sichergestellt ist, daß auf den Arbeitskopf des Roboters äußere Kräfte einwirken, die eine Führung, d.h., eine passive Steuerung der Bewegungen des Arbeitskopfes ermöglichen.

5

Etwaige Positionsfehler des Arbeitskopfes des Roboters können somit dadurch ausgeglichen werden, daß während des Zeitintervalls, in dem ein bestimmtes Positionierglied frei beweglich ist, die Lage des betreffenden Positioniergliedes durch Führungen oder dergleichen an dem Werkstück korrigiert wird, während die Bewegung der übrigen, nicht freigegebenen Positionierglieder durch die betreffenden Antriebe aktiv gesteuert wird. Somit wird die Bewegung des Arbeitskopfes insgesamt durch ein Zusammenwirken der freigegebenen und der aktiv gesteuerten Positionierglieder kontrolliert und ggf. mit der Bewegung der Werkstücke auf einem Förderband synchronisiert.

10  
15

Die Positionen und/oder Bewegungen des Roboters und des Werkstücks sind mit einer hinreichenden Genauigkeit bekannt oder vorprogrammierbar, so daß zu einem bestimmten Zeitpunkt während des Betriebszyklus die Positionsabweichung des Arbeitskopfes von der zu bearbeitenden Stelle des Werkstücks innerhalb eines bekannten Fehlerbereiches liegt. In diesem Augenblick werden diejenigen Positionierglieder, deren Position zur Durchführung der Lagekorrektur verändert werden muß, freigegeben, während die übrigen Positionierglieder weiterhin aktiv gesteuert werden. Die Führungseinrichtungen sind derart angeordnet, daß durch eine Einstellbewegung des Arbeitskopfes, der hierzu durch eines der aktiv gesteuerten Positionierglieder angetrieben wird, die frei beweglichen Positionierglieder in ihre korrekte Position überführt werden und/oder der weiteren Bewegung des Werkstücks während der Bearbeitung folgen. Die Führungen können

20  
25  
30  
35

- 8 -

durch eine auf die zu bearbeitende Stelle des Werkstücks zentrierte trichterförmige Oberfläche des Werkstücks gebildet werden. Die passive Steuerung der frei beweglichen Positionierglieder ist besonders vorteilhaft bei bewegten  
5 Werkstücken, beispielsweise bei auf einem Fließband transportierten Werkstücken, da, nachdem der Arbeitskopf des Roboters einmal durch die Führungen mit dem Werkstück ausgerichtet wurde, die bei der Fortbewegung des Werkstücks wirkenden Antriebskräfte auch zum Antrieb des  
10 Roboters bei passiver Steuerung ausgenutzt werden können.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

15            Fig. 1            veranschaulicht die Anordnung eines erfindungsgemäßen Dreiachsen-Roboters, dessen Bewegungen auf einem zylindrischen Koordinatensystem basieren, an einem Förderband einer Montagelinie  
20 in dem Zustand, in dem sich ein Werkzeughalter des Roboters in seiner Betriebs-Ausgangsposition befindet;

25            Fig. 2            ist ein vergrößerter Schnitt durch ein in Figur 1 auf dem Förderband dargestelltes, aus zwei Montageteilen bestehendes Werkstück;

30            Fig. 3            ist eine Projektion des Bewegungsbereichs des in Figur 1 gezeigten Roboters in Bezug auf das Förderband;

Fig. 4

ist eine teilweise aufgeschnittene Ansicht einer an dem Arbeitskopf des Roboters befestigten Muttern-Anziehvorrichtung;

Fig. 5(A) und 5(B)

bilden eine Schaltskizze eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Steuerungssystems für den erfindungsgemäßen Roboter;

Fig. 6(A), 6(B) und 6(C)

bilden ein Ablaufdiagramm zur Veranschaulichung der Arbeitsweise des Steuerungssystems gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel;

Fig. 7

ist ein Zeitdiagramm zur Veranschaulichung der Arbeitsweise der in Figuren 5(A) und 5(B) gezeigten Steuereinheit;

Fig. 8

ist eine teilweise aufgeschnittene Ansicht der Muttern-Anziehvorrichtung und des Werkstücks in dem Zustand, in dem die Anziehvorrichtung korrekt in das Werkstück eingeführt ist;

Fig. 9 und 10

zeigen die Extreme der Bewegung des Roboters in der Betriebsstellung, in der drehbare und ausfahrbare Positionier-

- 10 -

glieder des Roboters durch eine durch die Mutter-Anziehvorrichtung übertragene mechanische Kraft bewegt werden;

5

Fig. 11

zeigt ein zweites bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem Hydraulikzylinder für die Positionier-Stellglieder verwendet werden;

10

Fig. 12

ist eine teilweise aufgeschnittene Ansicht der Mutter-Anziehvorrichtung und weiterer Montageteile, von denen eines auf einer feststehenden Bank befestigt ist.

15

Figur 1 zeigt einen auf einem zylindrischen Koordinatensystem basierenden Dreiachsen-Roboter, im folgenden kurz Roboter genannt, der mit einem Förderband zusammenwirkt.

20

Der Roboter 1 umfaßt ein drehbares Positionierglied 3, das relativ zu einem Sockel 2 in die durch Pfeile A angegebenen Richtungen in Bezug auf einen Sockel 2 drehbar ist, ein vertikal bewegliches Positionierglied 4, das relativ zu dem drehbaren Positionierglied 3 in die durch Pfeile B angegebenen Richtungen aufwärts und abwärts beweglich ist, ein ausfahrbares Positionierglied 5, das in Richtung der Pfeile C relativ zu dem vertikal beweglichen Positionierglied 4 ausfahrbar und zurückziehbar ist, und einen am freien Ende des ausfahrbaren Positionierglieds 5 montierten Werkzeughalter 7, an dem eine nachfolgend beschriebene Mutter-Anziehvorrichtung 6 befestigt ist.

25

30

Das drehbare Positionierglied 3 ist mit Hilfe eines in dem

35

- 11 -

5 Sockel 2 installierten, als elektrisches Stellglied dienenden ersten Motors  $M_1$  über ein Reduziergetriebe mit sehr kleinem Übersetzungsverhältnis in Richtung der Pfeile A um seine Achse drehbar. Das Positionierglied 4 wird bei der Aufwärts- und Abwärtsbewegung in Richtung der Pfeile B über ein weiteres Reduziergetriebe und einen Mechanismus zur Umsetzung einer Rotation in eine Translation durch einen in dem drehbaren Positionierglied 3 angeordneten zweiten Motor  $M_2$  angetrieben.

10 Zum Antrieb des ausfahrbaren Positionierglieds 5 in Richtung der Pfeile C ist in dem drehbaren Positionierglied 3 ein dritter Motor  $M_3$  vorgesehen, der das Positionierglied 5 über einen weiteren Mechanismus zur Umsetzung einer Rotation in eine Translation, beispielsweise einen Spindelantrieb, und ein weiteres Reduziergetriebe mit sehr kleinem Übersetzungsverhältnis antreibt.

20 Die drehbaren und ausfahrbaren Positionierglieder 3 und 5 des Roboters 1 sind in an sich bekannter Weise derart ausgelegt, daß sie durch äußere Kräfte frei bewegt werden können, wenn die Antriebssignale für die ersten und zweiten Motoren  $M_1$  und  $M_2$  unterbrochen und die Motoren abgeschaltet sind.

25 Die jeweils eines der Positionierglieder antreibenden ersten, zweiten und dritten Motoren  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$  sind mit einem ersten, zweiten bzw. dritten Impulsgenerator  $PG_1$ ,  $PG_2$  bzw.  $PG_3$  sowie mit einem ersten, zweiten bzw. dritten Drehzahlsensor  $TG_1$ ,  $TG_2$  bzw.  $TG_3$  versehen, die zur Abtastung der Position und der Geschwindigkeit des zugeordneten Positionierglieds des Roboters 1 dienen.

35 Figur 1 zeigt ferner ein kettengetriebenes Förderband 8, auf dem erste und zweite Montageteile 9, 11 in Richtung

- 12 -

eines Pfeiles D transportiert werden. Das erste Montage-  
teil 9 ist in einer vorgegebenen Position auf das Förder-  
band 8 aufgespannt. Das zweite Montageteil 11 weist eine  
Einsenkung 11a auf, die gemäß Figur 2 einen senkrecht  
5 aufragenden, teilweise in das erste Montageteil 9 einge-  
schraubten Gewindestift 10 aufnimmt.

Zwei photoelektrische Elemente 12,13 sind auf gegenüber-  
liegenden Seiten unmittelbar oberhalb des Förderbandes 8  
10 installiert und bilden eine Lichtschranke zur Abtastung  
der Montageteile. Das Passieren der Lichtschranke durch  
das erste Montageteil 9 wird durch die photoelektrischen  
Elemente 12,13 abgetastet, wenn eine Kante des Montage-  
teils 9 den in Figur 1 durch eine gestrichelte Linie  
15 dargestellten Lichtstrahl von einer Lichtquelle 12a zu  
einem lichtempfindlichen Element 13a unterbricht.

Der durch die drehbaren und ausfahrbaren Positionerglie-  
der 3 und 5 des Roboters 1 ermöglichte Bewegungsbereich  
20 der Muttern-Anziehvorrichtung 6 ist in Figur 3 schraffiert  
dargestellt. Die Lage des Förderbandes 8 ist durch strich-  
punktierte Linien angedeutet.

Nachfolgend soll die Muttern-Anziehvorrichtung 6 unter  
25 Bezugnahme auf Figur 4 näher erläutert werden.

Ein Kopf 6c ist am unteren Ende einer drehbaren Welle 6b  
befestigt. Die Welle 6b wird durch einen in einer Haube  
6a installierten Motor angetrieben. Der Kopf 6c steht  
30 mit einer Hülse in Keilverbindung und ist in Längsrichtung  
in einem inneren Gehäuse 6e der Hülse verschiebbar und  
zugleich drehfest in Bezug auf das innere Gehäuse festge-  
legt, das seinerseits in Bezug auf ein äußeres Gehäuse  
6d drehbar und verschiebbar ist.

- 13 -

Das innere Gehäuse 6e wird durch eine zwischen dem inneren Gehäuse 6e und dem Kopf 6c abgestützte Feder 6f in Richtung auf das offene freie Ende des äußeren Gehäuses 6d vorgespannt. Eine Mutter 14 wird durch eine Muttern-Halterung 6g am freien Ende des inneren Gehäuses 6e gehalten.

Ein Anschlag 6h hält die Welle 6c und den Sitz der Feder 6f in einem vorgegebenen Abstand. Das innere Gehäuse 6e weist am unteren Ende eine axiale Bohrung 6i auf, die den in Figur 2 gezeigten Gewindestift 10 aufnimmt, wenn die Mutter 14 auf den Gewindestift aufgeschraubt wird.

Die Mutter 14 wird zusätzlich durch eine in der Muttern-Halterung 6g vorgesehene Feder oder einen Magneten in der Muttern-Halterung gehalten. Vor dem Betriebszyklus nimmt der Roboter 1 eine der Muttern 14 aus einem nicht gezeigten, in der Nähe des Roboters angebrachten Muttern-Magazin auf.

Die Anziehvorrichtung 6 ist mit einem bekannten Grenzdrehmoment-Sensor versehen, der das vollständige Aufschrauben und Anziehen der Muttern 14 auf den Gewindestiften 10 abtastet.

Figuren 5(A) und 5(B) zeigen ein Blockdiagramm einer elektrischen Schaltung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Eine beispielsweise durch einen Mikrocomputer gebildete Haupt-Steuereinheit 15 liest sequentiell Positionier-Befehlsdaten für den Roboter 1 aus einem Speicher 16, berechnet anhand der Befehlsdaten Antriebs-Befehle für die Positionierglieder 3 bis 5 und leitet die Antriebs-

- 14 -

befehle an den einzelnen Positioniergliedern zugeordnete erste bis dritte Positions-Steuereinheiten 17,18 und 19 weiter. Jede der Positions-Steuereinheiten 17,18 und 19 nimmt Antriebsbefehle von der Haupt-Steuereinheit 15 sowie Rückkopplungs-Positionsdaten von den ersten bis dritten Impulsgeneratoren  $PG_1$ ,  $PG_2$  und  $PG_3$  auf und liefert Steuersignale entsprechend der durch die Daten der Impulsgeneratoren angegebenen Positionsabweichung an einen Verstärker 20,21 bzw. 22 zur Geschwindigkeitssteuerung. Von den mit den betreffenden Positions-Steuereinheiten verbundenen Verstärkern 20,22 gelangen Antriebssignale jeweils über einen normalerweise geschlossenen Kontakt  $NC_{11}$  bzw.  $NC_{21}$  an den ersten Motor  $M_1$  bzw. an den dritten Motor  $M_3$ , während die Antriebssignale des Verstärkers 21 unmittelbar an den zweiten Motor  $M_2$  gelangen. Die Antriebssignale entsprechen dem Grad der Abweichung zwischen den Werten der von den Positions-Steuereinheiten 17,18 bzw. 19 aufgenommenen Steuersignalen und Geschwindigkeitsdaten, die von den Drehzahl- oder Geschwindigkeitssensoren  $TG_1$ ,  $TG_3$  über weitere normalerweise geschlossene Kontakte  $NC_{12}$ ,  $NC_{22}$  an die Verstärker 20,22 und von dem Geschwindigkeitssensor  $TG_3$  unmittelbar an den Verstärker 21 gelangen. Die Kontakte  $NC_{11}$ ,  $NC_{21}$ ,  $NC_{12}$  und  $NC_{22}$  werden geöffnet, wenn weiter unten beschriebene zugeordnete Magnetspulen  $MC_1$  und  $MC_2$  erregt werden. Das erste Antriebssignal gelangt über den ersten Kontakt  $NC_{11}$  an den ersten Motor  $M_1$ . Das zweite Signal gelangt unmittelbar an den zweiten Motor  $M_2$ , und das dritte Signal gelangt über den zweiten Kontakt  $NC_{21}$  an den dritten Motor  $M_3$ .

Durch den ersten Motor  $M_1$  wird das drehbare Positionierglied 3 entsprechend dem ersten Antriebssignal in Richtung der in Figur 1 gezeigten Pfeile A gedreht. Durch den zweiten Motor  $M_2$  wird das vertikal bewegliche Positionierglied 4 entsprechend dem zweiten Antriebssignal in Rich-



- 15 -

5      tung der Pfeile B in Figur 1 aufwärts oder abwärts bewegt. Das ausfahrbare Positionierglied 5 wird durch den dritten Motor  $M_3$  entsprechend dem dritten Antriebssignal in Richtung der Pfeile C in Figur 1 ausgefahren oder zurückgezogen. Somit bewegt sich die an dem Werkzeughalter 7 montierte Muttern-Anziehvorrichtung 6 am Ende des ausfahrbaren Positioniergliedes 5 auf einer vorgegebenen Bahn, die durch die vorprogrammierten Positions-Befehlsdaten in dem Speicher 16 bestimmt wird.

10      Wie später näher erläutert wird, nimmt die Haupt-Steuer-  
einheit 15 zu einem geeigneten Zeitpunkt weitere Bewegungsdaten aus dem Speicher 16 auf, die die Bewegung des vertikal beweglichen Positioniergliedes 4 bei der Befestigung der Mutter 14 an dem gemäß Figur 2 mit den ersten  
15      und zweiten Montageteilen 9, 11 verbundenen Gewindestift steuern. Anschließend übermittelt die Steuereinheit 15 die oben beschriebenen Bewegungsdaten oder Befehle an die zweite Positions-Steuereinheit 18, die eine Abwärts-  
20      bewegung des Positioniergliedes 4 um einen vorgegebenen Weg bewirkt. Wie nachfolgend näher erläutert wird, wird hierdurch die Spitze oder das untere Ende der Muttern-Anziehvorrichtung 6 derart verschoben, daß sie in die Einsenkung 11a des in Figur 2 gezeigten zweiten Montage-  
25      teils 11 eintritt.

Die normalerweise geschlossenen Kontakte  $NC_{11}$  und  $NC_{21}$  werden mit Hilfe magnetischer Relaispulen  $MC_1, MC_2$  geöffnet. Die Relaispulen werden jeweils dann erregt,  
30      wenn zwei gleichzeitig von der Haupt-Steuereinheit 15 ausgegebene Transistor-Steuersignale a und b entsprechende Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  einschalten.

35      Wenn die normalerweise geschlossenen Kontakte  $NC_{11}$  und  $NC_{21}$  offen sind, sind der erste Motor  $M_1$  und der dritte

- 16 -

Motor  $M_3$  abgeschaltet, und das drehbare Positionierglied 3 sowie das ausfahrbare Positionierglied 5 sind durch äußere Kräfte frei beweglich. Der Zweck der normalerweise geschlossenen Kontakte  $NC_{21}$ ,  $NC_{22}$  die gleichzeitig mit den beiden anderen Kontakten  $NC_{11}$  und  $NC_{21}$  öffnen, ist es, die Weiterleitung der von den ersten und dritten Geschwindigkeitssensoren  $TG_1$ ,  $TG_3$  erzeugten Geschwindigkeitssignale an die ersten und zweiten Verstärker 20, 22 der Geschwindigkeitssteuerung zu unterbinden. In ähnlicher Weise sind weitere nicht gezeigte normalerweise geschlossene Kontakte in Leitungen vorgesehen, die jeden der ersten und dritten Impulsgeneratoren  $PG_1$  und  $PG_2$  mit der ersten bzw. zweiten Positions-Steuereinheit 17, 19 verbinden. Auf diese Weise wird verhindert, daß die von den Impulsgeneratoren  $PG_1$ ,  $PG_2$  erzeugten Positionsdaten an die ersten und dritten Positions-Steuereinheiten 17 und 19 übertragen werden. Die Haupt-Steuereinheit 15 nimmt hingegen ständig die Positionsdaten der ersten, zweiten und dritten Impulsgeneratoren  $PG_1$ ,  $PG_2$  und  $PG_3$  auf. Auf der Grundlage dieser Positionsdaten werden daher die aktuellen Positionen des drehbaren Positioniergliedes 3, des vertikal beweglichen Positioniergliedes 4 und des ausfahrbaren Positioniergliedes 5 in jedem Augenblick durch die Haupt-Steuereinheit 15 überwacht.

Darüber hinaus steuert die Haupt-Steuereinheit 15 die normalerweise geschlossenen Kontakte  $NC_{11}$ ,  $NC_{12}$ ,  $NC_{21}$  und  $NC_{22}$ , so daß diese für ein bestimmtes, dem Vorgang des Aufschraubens der Mutter auf den Bolzen zugeordnetes Zeitintervall geöffnet werden. Dieser Vorgang wird nachfolgend im einzelnen näher erläutert. Die Steuereinheit 15 nimmt ein Ankunfts-Signal c auf, das nur dann einen hohen Wert "H" annimmt, wenn das erste Montageteil 9 den Lichtstrahl von der Lichtquelle 12a zu dem lichtempfindlichen Element 13a der photoelektrischen Elemente 12, 13 passiert. Die photo-

- elektrischen Elemente 12,13 bilden eine Lichtschranke mit der Lichtquelle 12a als lichtaussendendem und dem lichtempfindlichen Element 13a als lichtempfangendem Element. Die Lichtquelle 12a wird beispielsweise durch eine Photodiode gebildet, während das lichtempfindliche Element 13a beispielsweise einen Phototransistor umfaßt. Solange das Licht der Photodiode auf den Phototransistor fällt, bleibt der Phototransistor geöffnet, und ein mit diesem verbundener Transistor  $Tr_3$  bleibt ebenfalls geöffnet (Figur 5 (A)). Der Eingang und Ausgang eines über den Transistor  $Tr_3$  geerdeten Puffers 23 befindet sich daher auf einem niedrigen Niveau "L". Wenn das Licht der Photodiode durch das erste Montage-  
teil 9 unterbrochen wird, sperrt der Phototransistor und blockiert seinerseits den Transistor  $Tr_3$ . In diesem Augenblick nimmt die Ausgangsspannung des Puffers 23, d.h., das Ankunfts-Signal c einen hohen Wert "H" an.
- Die Steuereinheit 15 liefert in einem bestimmten Augenblick, auf den später näher eingegangen wird, ein Setz-Signal d an ein Flipflop 24. Wenn das Flipflop 24 gesetzt ist, wird ein Motor  $M_n$  eingeschaltet. Durch diesen Motor wird die mit dem Kopf 6c versehene Welle 6b gedreht und niedergedrückt. Durch diese Bewegung der Welle wird die Mutter 14 auf den Gewindestift 10 aufgeschraubt. Ein Grenzdrehmoment-Sensor TQ tastet ab, ob die Mutter vollständig angezogen wurde und liefert, sobald die Mutter vollständig angezogen ist, ein Rücksetz-Signal e an das Flipflop 24, das daraufhin den Motor  $M_n$  abschaltet. Das Signal e, das die Vollendung des Anschraub-Vorgangs anzeigt, wird außerdem für nachfolgende Steuerungsvorgänge an die Steuereinheit 15 weitergeleitet.
- Nunmehr soll mit Bezug auf die Ablaufdiagramme in Figuren

6(A), 6(B) und 6(C) und auf das Zeitdiagramm aus Figur 7 die Wirkungsweise der Haupt-Steuereinheit näher erläutert werden. In einem ersten Schritt  $SP_1$  überprüft die Haupt-Steuereinheit 15 ob das Ankunft-Signal c, das anzeigt, daß das erste Montageteil 11 die photoelektrischen Elemente 12,13 passiert hat, einen hohen Wert "H" angenommen hat. Wenn das erste Montageteil 11 die Lichtschranke zu einem Zeitpunkt  $t_1$  (Kurve (a) in Figur 7) passiert, nimmt die Steuereinheit 15 ein Ankunft-Signal c mit einem hohen Wert "H" auf. Die Steuereinheit 15 beginnt daraufhin, eine Folge von Positionier-Befehlsdaten aus dem in Figur 5(A) gezeigten Speicher 16 zu lesen. Diese Befehlsdaten werden benötigt, um das freie Ende der Mutter-Anziehvorrichtung 6 zu dem Zeitpunkt  $t_1$ , an dem das Signal c den Wert "H" annimmt, in einem Programmschritt  $SP_3$  aus der gegenwärtigen Stellung in eine dem Betriebsbeginn entsprechende Start-Stellung zu überführen, die in Figur 1 mit OS bezeichnet ist. Die Steuereinheit 15 fragt einen Bewegungs-Befehl für jedes einzelne Positionierglied des Roboters 1 ab und übermittelt die Ergebnisse sequentiell an die ersten bis dritten Positions-Steuereinheiten 17,18,19.

Folglich werden die Positionierglieder des Roboters 1 derart bewegt, daß sich die Spitze der Mutter-Anziehvorrichtung 6 aus ihrer ursprünglichen Stellung in die Start-Stellung OS bewegt (Kurve (b) in Figur 7). Die Start-Position OS ist eine vorgegebene Position etwas oberhalb der Einsenkung 11a des zweiten Montageteils 11, die auf einer senkrechten Geraden durch die Mitte der Einsenkung 11a liegt.

Mit vernachlässigbarer Verzögerung gegenüber dem Zeitpunkt  $t_1$  betätigt die Steuereinheit 15 in einem Programmschritt  $SP_2$  ein internes Zeitglied (Kurve (c) in

- 19 -

Figur 7). Auf diese Weise wird ein Zeitintervall  $T_x$  gemessen, in dem Einsenkung 11a des zweiten Montageteils 11 die Start-Position OS erreicht. Wegen der konstanten Geschwindigkeit des Förderbands 8 ist dieses Zeitintervall konstant. Im nächsten Programmschritt  $SP_4$  fragt die Steuereinheit 15 ab, ob das freie Ende der Anziehvorrichtung 6 innerhalb des gemessenen Zeitintervalls  $T_x$  die Start-Stellung OS erreicht hat. Wenn das freie Ende der Anziehvorrichtung diese Stellung noch nicht erreicht hat, hält die Steuereinheit 15 in einem Schritt  $SP_5$  den gesamten Roboter 1 wegen einer Fehlfunktion an. Die Ankunft des freien Endes der Anziehvorrichtung 6 in der Start-Stellung OS wird anhand der Positionsdaten der ersten bis dritten Impulsgeneratoren  $PG_1, PG_2$  und  $PG_3$  ermittelt.

Wenn die Anziehvorrichtung 6 die Start-Stellung rechtzeitig erreicht hat, liest die Steuereinheit 15 in einem nachfolgenden Schritt  $SP_6$  zu einem Zeitpunkt  $t_2$  unmittelbar nach Ablauf des Zeitintervalls  $T_x$  Bewegungsanweisungen zum Aufschrauben der Mutter 14 auf den Gewindestift 10 aus dem Speicher 16 und übermittelt diese Informationen an die Positions-Steuereinheit 18. Daraufhin wird das zugeordnete vertikal bewegliche Positionierglied 4 um eine vorgegebene Strecke aus der Start-Stellung OS abgesenkt, so daß das freie Ende der Anziehvorrichtung 6 vollständig in die Einsenkung 11a des zweiten Montageteils 11 eingeführt wird (Kurve (d) in Figur 7). Gleichzeitig, also zum Zeitpunkt  $t_2$ , liefert die Steuereinheit 15 in dem Schritt  $SP_6$  die beiden Transistor-Steuersignale a und b an die Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$ , so daß die Magnetspulen  $MC_1$  und  $MC_2$  erregt und die normalerweise geschlossenen Kontakte  $NC_{11}, NC_{12}, NC_{21}$  und  $NC_{22}$  geöffnet werden (Kurve (e) in Figur 7).

- 20 -

Unmittelbar bevor das freie Ende der Anziehvorrichtung 6 vollständig in die Einsenkung 11a des zweiten Montage-  
teils 11 eingeführt wird, werden das drehbare Positionier-  
glied 3 und das ausfahrbare Positionerglied 5 freigegeben,  
5 so daß sie durch äußere Kräfte bewegt werden können.  
Wenn daher die Position der Muttern-Anziehvorrichtung 6 relativ zu der Einsenkung 11a von der vorgegebenen  
Start-Position OS abweicht, wie durch strichpunktierte  
Linien in Figur 2 angedeutet wird, so kann die Anzieh-  
10 vorrichtung 6 dennoch geführt durch die sich verjüngende  
Einsenkung 11a vollständig in die Einsenkung eingeführt  
werden. Anschließend kann die Anziehvorrichtung ohne  
elektronische Steuerung der Bewegung des zweiten Mon-  
tageteils 11 auf dem Förderband 8 folgen.

15 Das oben erwähnte Zeitintervall  $T_x$  schließt dasjenige  
Zeitintervall mit ein, währenddessen die Anziehvorrichtung  
6 aus der Start-Stellung OS in die Einsenkung 11a ab-  
gesenkt wird.

20 Wenn bei einer Abfrage in Programmschritt  $SP_8$  anhand  
der Positionsdaten des zweiten Impulsgenerators  $PG_2$   
festgestellt wird, daß die Spitze oder das freie Ende  
der Anziehvorrichtung 6 die in Figur 8 gezeigte Posi-  
25 tion erreicht hat, liefert die Steuereinheit 15 in ei-  
nem Schritt  $SP_9$  das Setz-Signal oder Motor-Einschalt-  
signal  $d$  an das in Figur 5 (A) gezeigte Flipflop 24,  
so daß die Anziehvorrichtung 6 eingeschaltet und die  
Mutter 14 auf den in Figur 2 gezeigten Gewindestift  
30 10 aufgeschraubt wird (Kurve (g) in Figur 7).

Anschließend springt das Programm zu einem Schritt  
 $SP_{10}$ . Dort wird durch die Steuereinheit 15 abgefragt,  
ob das Anziehen der Mutter beendet worden ist. Wenn  
35 der Grenzdrehmoment-Sensor  $TQ$  zu einem Zeitpunkt  $t_4$

- 21 -

das Rücksetz-Signal e liefert, daß das vollständige Anziehen der Mutter anzeigt, so wird das Flipflop 24 zurückgesetzt und die Anziehvorrichtung 6 abgeschaltet (Kurve (h) in Figur 7).

5

In einem nachfolgenden Schritt  $SP_{12}$  liest die Steuereinheit 15 Bewegungs-Anweisungen aus dem Speicher 16, die das Zurückziehen der Anziehvorrichtung 6 aus der Einsenkung 11a nach dem Anziehen der Mutter steuern. Diese Anweisungen werden zu der zweiten Positions-Steuereinheit 18 weitergeleitet.

10

Die zweite Positions-Steuereinheit 18 bewirkt ihrerseits ein Anheben des Positioniergliedes 4 um den bereits im Zusammenhang mit Programmschritt  $SP_7$  erwähnten vorgegebenen Weg. Auf diese Weise wird das freie Ende der Anziehvorrichtung 6 aus der Einsenkung 11a des zweiten Montageteils 11 herausgezogen (Kurve (d) in Figur 7).

15

20

Figuren 9 und 10 veranschaulichen die Bewegung des Roboters 1 und der ersten und zweiten Montageteile 9 und 11 entlang dem Förderband 8, während derer das drehbare Positionierglied 3 und das ausziehbare Positionierglied 5 der Bewegung des zweiten Montageteils 11 passiv folgen, während das freie Ende der Mutter-Anziehvorrichtung 6 in die Einsenkung 11a des zweiten Montageteils 11 eingeführt ist.

25

Im nachfolgenden Programmschritt  $SP_{13}$  fragt die Steuereinheit 15 ab, ob das freie Ende der Anziehvorrichtung 6 aus der Einsenkung 11a herausgezogen worden ist.

30

Im Anschluß an den Schritt  $SP_{13}$  unterbricht die Steuereinheit 15 in Schritt  $SP_{14}$  die Transistor-Steuersignale

35

- 22 -

a und b und liest sequentiell die Positionier-Anweisungen aus dem Speicher 16, die zum Zurückführen des freien Endes der Anziehvorrichtung 6 in die ursprüngliche Stellung in einem nachfolgenden Schritt SP<sub>15</sub> erforderlich sind, und ermittelt einen Bewegungs-Befehl für jedes einzelne Positionierglied des Roboters 1. Das Ergebnis wird sequentiell an die ersten bis dritten Positions-Steuereinheiten 17, 18 und 19 weitergeleitet. Sobald die Transistor-Steuersignale a und b in Schritt SP<sub>14</sub> unterbrochen werden, werden die Kontakte NC<sub>11</sub>, NC<sub>21</sub>, NC<sub>12</sub> und NC<sub>22</sub> wieder geschlossen.

Im letzten Programmschritt SP<sub>15</sub> überführt die Steuereinheit 15 das freie Ende der Anziehvorrichtung 6 wieder in die Ausgangsstellung. Hierzu wird jedes der Positionierglieder des Roboters 1 in geeigneter Weise betätigt und das freie Ende der Anziehvorrichtung 6 kehrt in dem Schritt SP<sub>15</sub> in die Ausgangsstellung zurück und verbleibt dort, bis der nachfolgende Muttern-Aufschraubvorgang beginnt (Kurve (b) in Figur 7).

Bei den oben beschriebenen Vorgängen ist das zweite Montageteil 11 während des Transports auf dem Förderband 8 mit Hilfe des Gewindestifts 10 und der Mutter 14 mit dem ersten Montageteil 9 verbunden worden, so daß ein vollständiger Befestigungs- oder Anschraubvorgang durchgeführt wurde.

Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel wurde ein motorgetriebener Roboter betrachtet. Die Erfindung kann jedoch im wesentlichen in der gleichen Weise verwirklicht werden, wenn der Antrieb des Roboters, d.h., der Antrieb der Positionierglieder desselben mit Hilfe von Hydraulikzylindern erfolgt.



- 23 -

In diesem Fall werden zu den gleichen Zeitpunkten, in denen bei dem obigen Ausführungsbeispiel die normalerweise geschlossenen Kontakte geöffnet wurden, die jeweiligen beiden Arbeitskammern der betreffenden Hydraulikzylinder mit Hilfe spulenbetätigter Ventile miteinander verbunden.

Figur 11 zeigt ein Beispiel eines Hydrauliksystems zur hydraulischen Steuerung des in Figur 1 gezeigten Dreiaachsen-Roboters.

Hydraulikzylinder 26 und 27 dienen als Stellglieder zum Antrieb des drehbaren Positionierglieds 3 bzw. des ausfahrbaren Positionierglieds 5. Spulenbetätigte Ventile 28, 29 dienen dazu, die Kolbenstangen der beiden Hydraulikzylinder freizugeben, in dem sie jeweils die rechte und linke Arbeitskammer des Hydraulikzylinders miteinander verbinden.

Zur Umsetzung der linearen Bewegung der Kolbenstange des Hydraulikzylinders 26 in die Drehbewegung des drehbaren Positioniergliedes 3 ist ein Umsetz-Mechanismus, beispielsweise eine Schrauben-Führung vorgesehen.

Ein Hydraulikzylinder 25 dient zur Betätigung des vertikal beweglichen Positioniergliedes 4 des Roboters 1. Ein Rückschlagventil ist mit 30 bezeichnet. Die Bezugszeichen 31, 32 und 23 bezeichnen Servoventile. Ein weiteres spulenbetätigtes Ventil 34 dient zum Umschalten des Roboters zwischen geführtem oder Programmier-Betrieb und Wiederholungsbetrieb. Mit 35 ist ein Drosselventil für den Programmierbetrieb bezeichnet. Das Hydrauliksystem umfaßt ferner ein Rückschlagventil 36, ein Überdruckventil 37 zur Begrenzung des Hydraulik-Druckes, einen Kühler 38, eine Ölpumpe 40, einen Speicher

- 24 -

41, ein zweites Überdruckventil 42 zur Entlastung des Druckes in dem Speicher 41, ein Druckmeßgerät 44, ein Ventil 43 zur Verbindung des Druckmeßgerätes mit dem übrigen Hydrauliksystem und einen Schalter 45 zum Ein-  
 5 schalten des Fluiddruckes. Der Roboter 1 wird angetrieben, wenn der Schalter 45 eingeschaltet ist.

Auch bei dem obigen Ausführungsbeispiel wird der Roboter dazu eingesetzt, Schraubverbindungen von Gewindestiften  
 10 und Muttern zur Verbindung zweier auf einem Förderband 8 transportierter Montageteile herzustellen. Der Roboter kann jedoch ebenso zur Herstellung von Bolzen-Mutter-Schraubverbindungen zwischen zwei Teilen eingesetzt werden, von denen eines auf einer feststehenden Bank mon-  
 15 tiert ist.

Figur 12 zeigt ein unteres, auf einer feststehenden Bank 47 befestigtes Montageteil 48 und ein auf diesem aufliegendes oberes Montageteil 49. Wenn, wie in Figur 12 dargestellt ist, die Muttern-Anziehvorrichtung 6 von ihrer Normalstellung in Bezug auf eine Einsenkung 49a des oberen Montageteils 49 abweicht, wird die Anziehvorrichtung 6 unmittelbar abwärts bewegt, so daß das freie Ende der Anziehvorrichtung geführt durch die verjüngte Einsen-  
 20 kung 49a in die Einsenkung eintritt. Unmittelbar vor dem Eintritt der Anziehvorrichtung in die Einsenkung 49a werden das drehbare Positionierglied 3 und das ausfahrbare Positionierglied 5 freigegeben, so daß sie durch die beim Eintritt der Anziehvorrichtung in die  
 25 Einsenkung des Montageteils auftretenden Führungskräfte bewegt werden können.  
 30

Dank der Erfindung ist es nicht erforderlich, den zuvor (beispielsweise durch manuelles Führen des Arbeitskopfes)  
 35 programmierten Roboter mit einer besonderen Einrichtung

- 25 -

zur Kompensation von Ungenauigkeiten zu versehen. Hierdurch wird der Aufbau des Roboters vereinfacht.

Es ist besonders darauf hinzuweisen, daß die frei beweglichen Positionierglieder, d.h., das drehbare Positionierglied 3 und das ausfahrbare Positionierglied 5 nach der Vollendung des Anschraub-Vorgangs und nach dem Zurückziehen der Anziehvorrichtung 6 aus der Einsenkung 49a wieder in der üblichen Weise durch aktive Steuerung bewegt werden.

Statt mit einer Muttern-Anziehvorrichtung kann der erfindungsgemäße Roboter auch mit einem Schraubendreher zur Herstellung von Schraubverbindungen ausgerüstet sein.

Ferner wurde bei der obigen Beschreibung von einem Roboter ausgegangen, dessen räumliche Bewegungen auf einem dreidimensionalen Koordinatensystem beruhen. Die Erfindung ist jedoch auch anwendbar für nur in zwei Dimensionen bewegliche Roboter (Zweiachsen-Roboter) oder für Roboter mit mehreren Bewegungsachsen, für Roboter mit Mehrfach-Gelenken, die anstelle des vertikal beweglichen Positioniergliedes eine mechanische Hand aufweisen, sowie für Roboter, deren Bewegungen auf einem orthogonalen Koordinatensystem beruhen und dergleichen.

Wie aus der obigen Beschreibung hervorgeht, ermöglicht der erfindungsgemäße Roboter nicht nur eine einfache Korrektur von Ausrichtungsfehlern zwischen der beim Programmieren voreingestellten Position des Roboters und der unter Betriebsbedingungen erforderlichen Position, sondern zugleich eine Synchronisierung der Bewegung des Roboters mit der des Förderbandes durch eine einfache passive Steuerung. Der erfindungsgemäße Roboter ist daher besonders für den Einsatz an Fließbändern oder Montagebändern geeignet.

Le<sup>26</sup>erseite

39

FIG.1

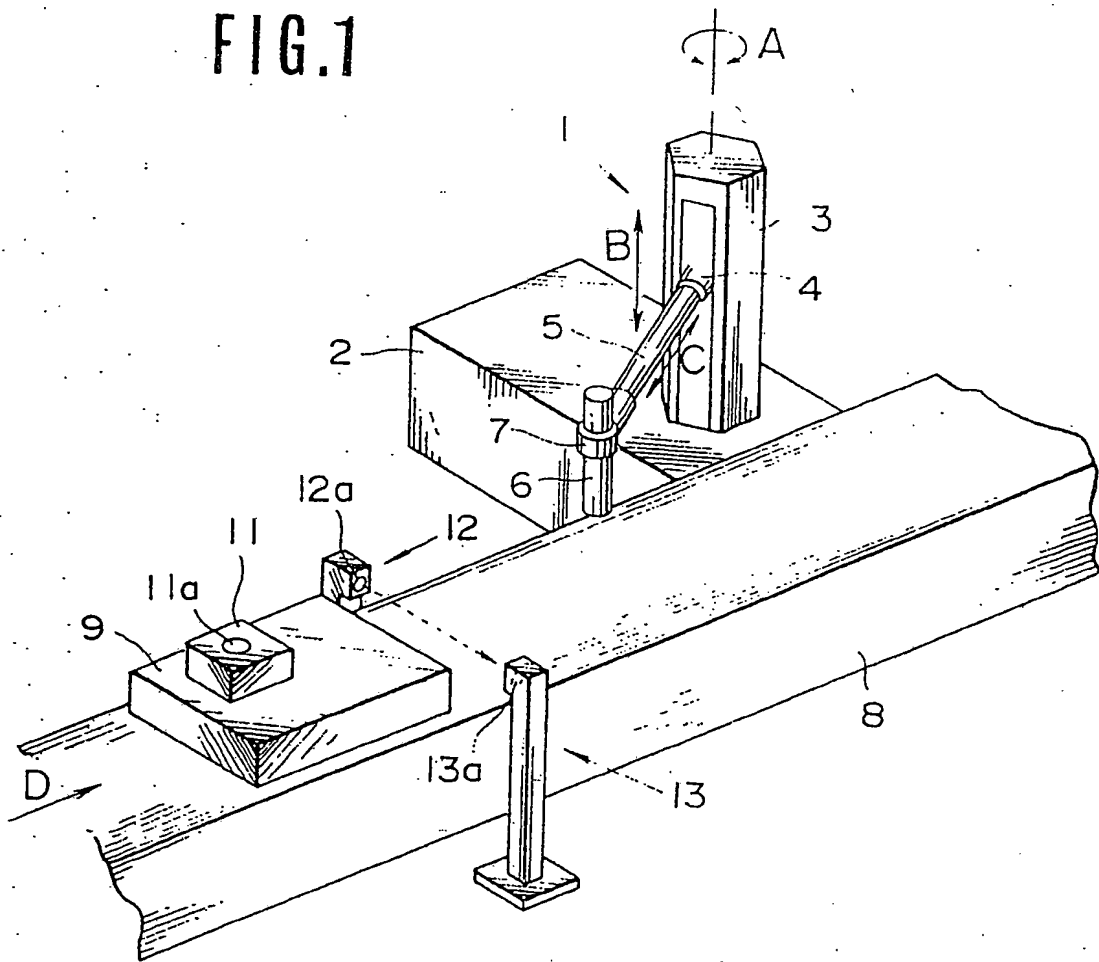


FIG.2

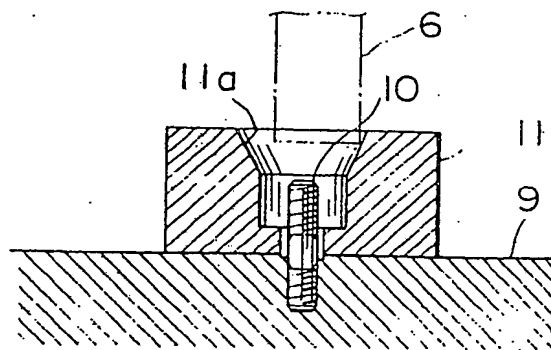


FIG.3

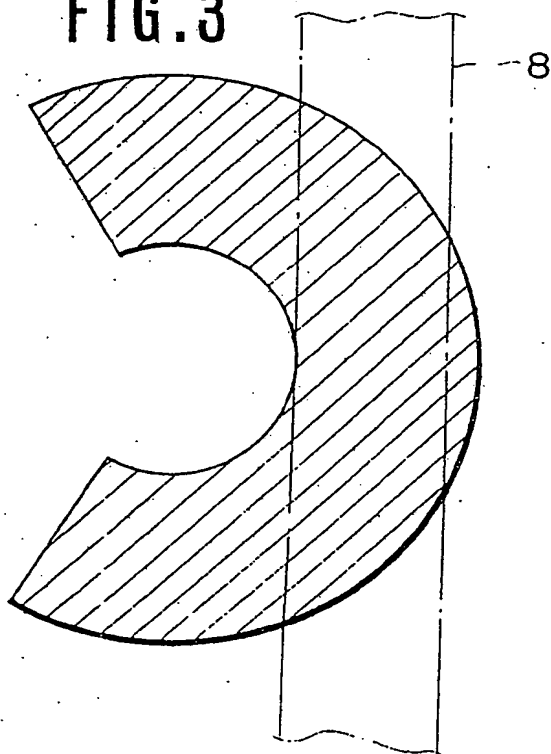


FIG.4

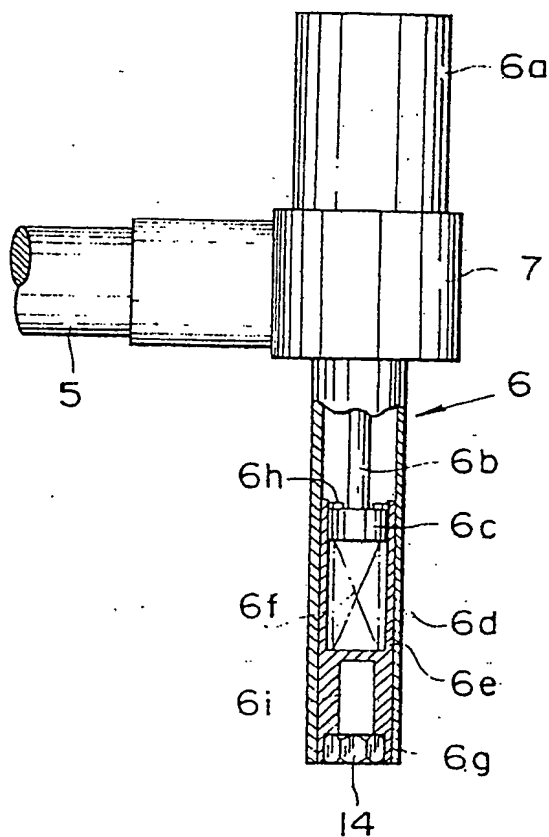


FIG.5(A)

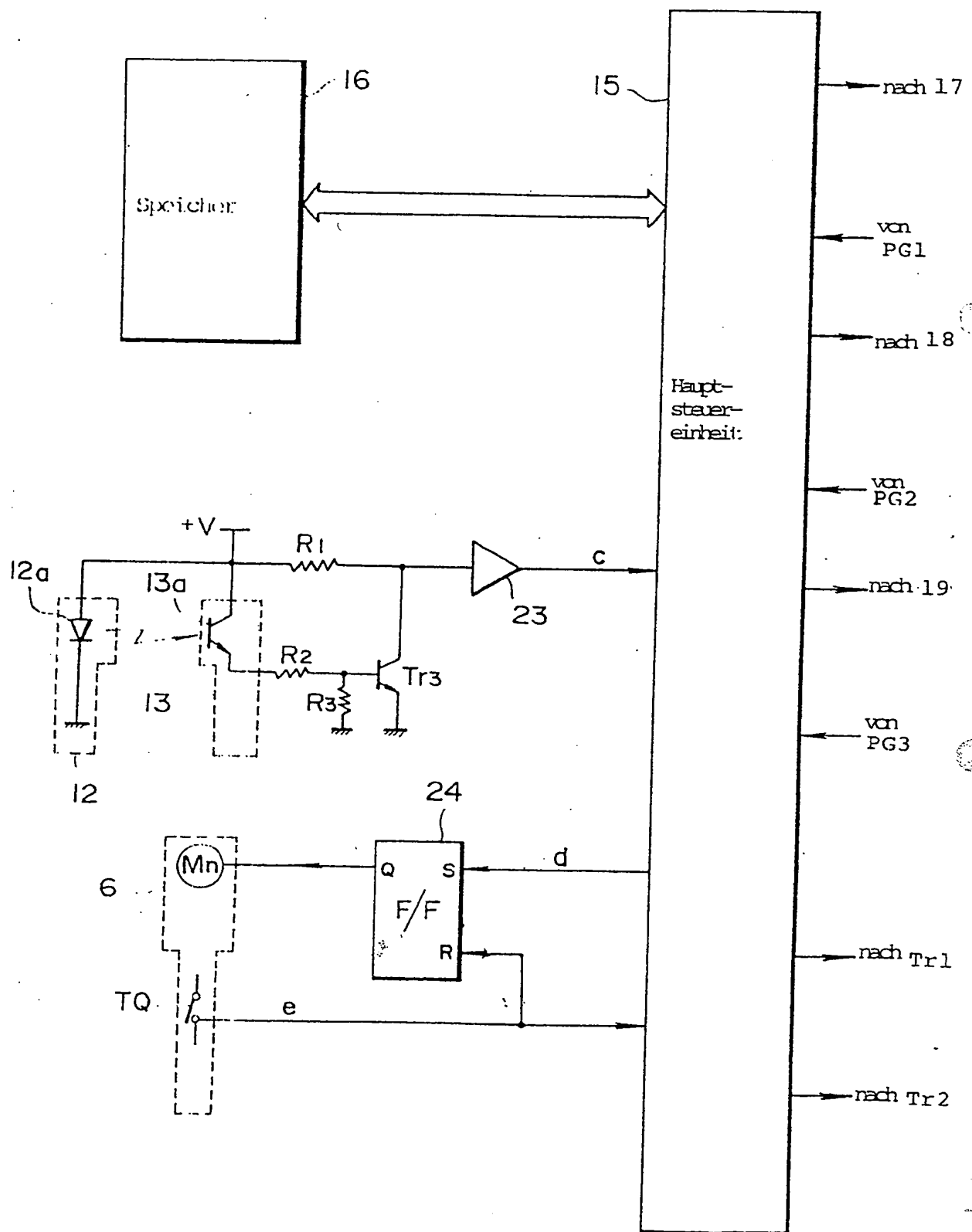


FIG.5(B)

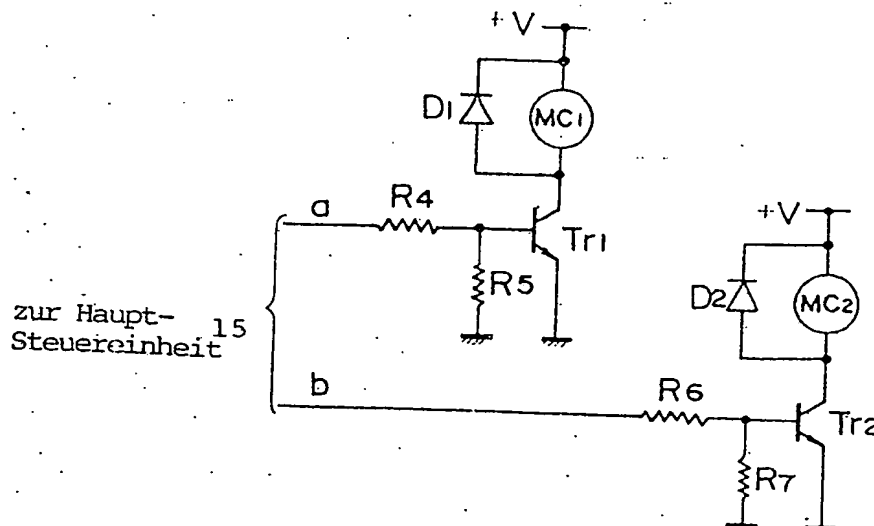
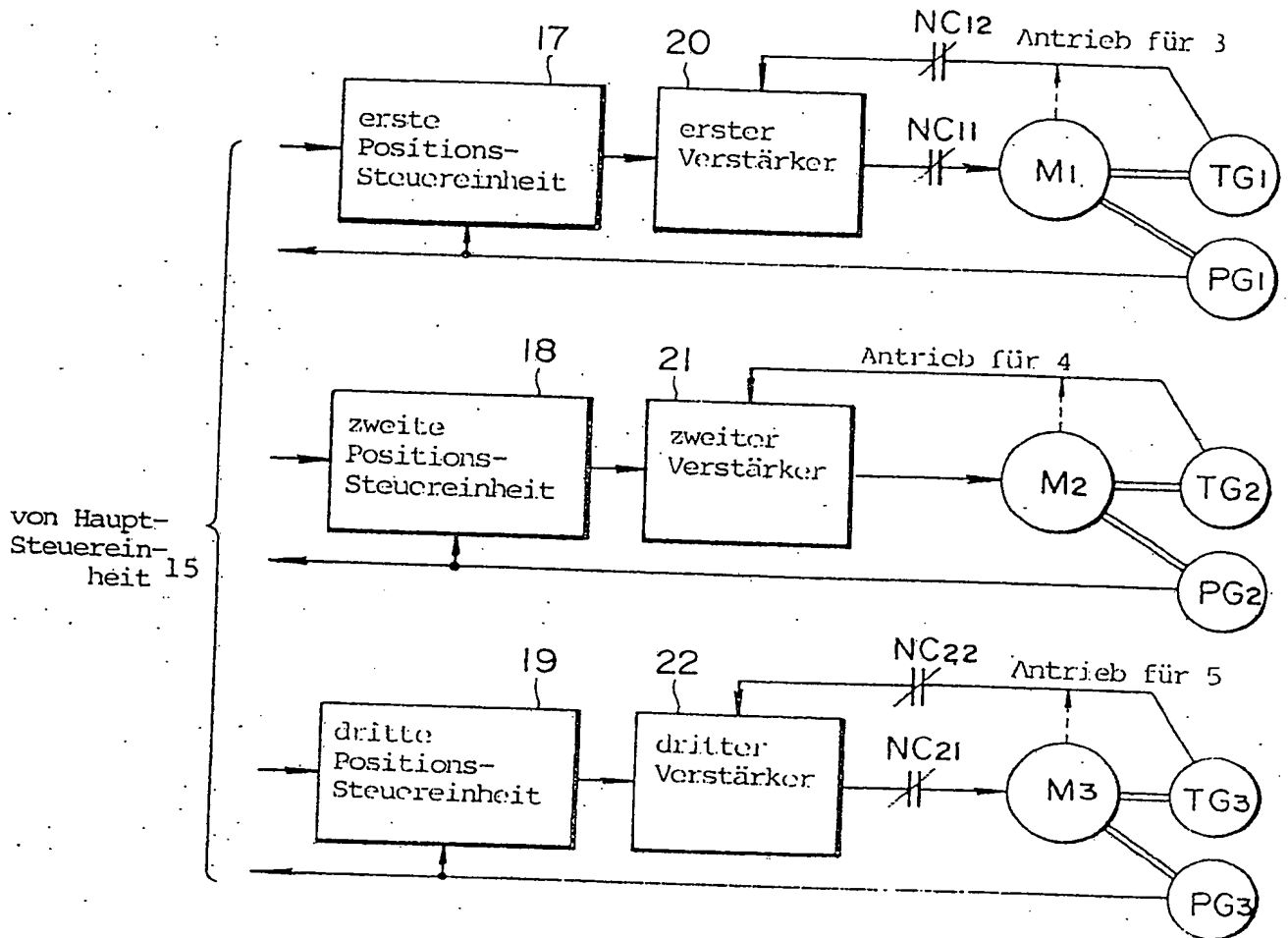




FIG.6 (A)

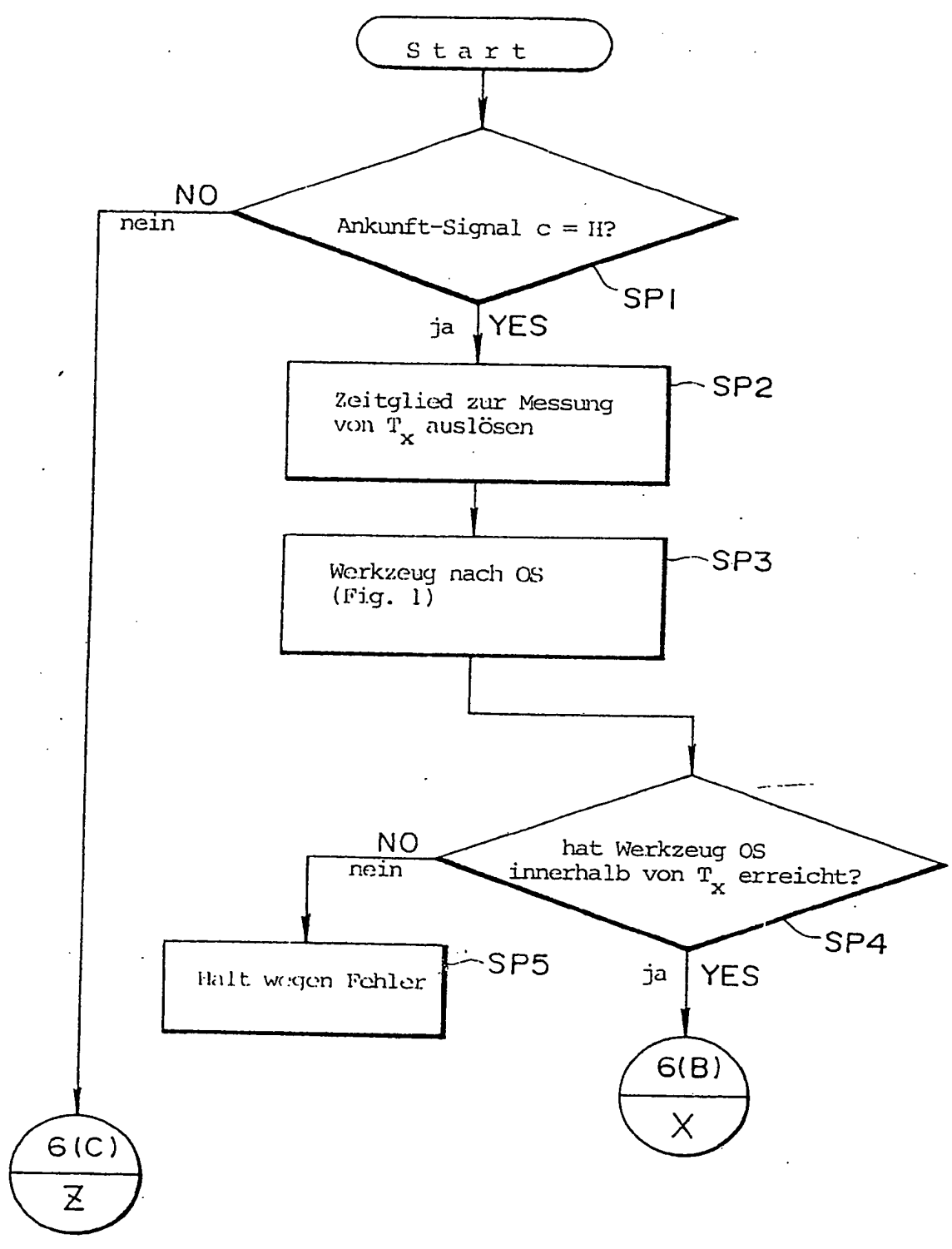
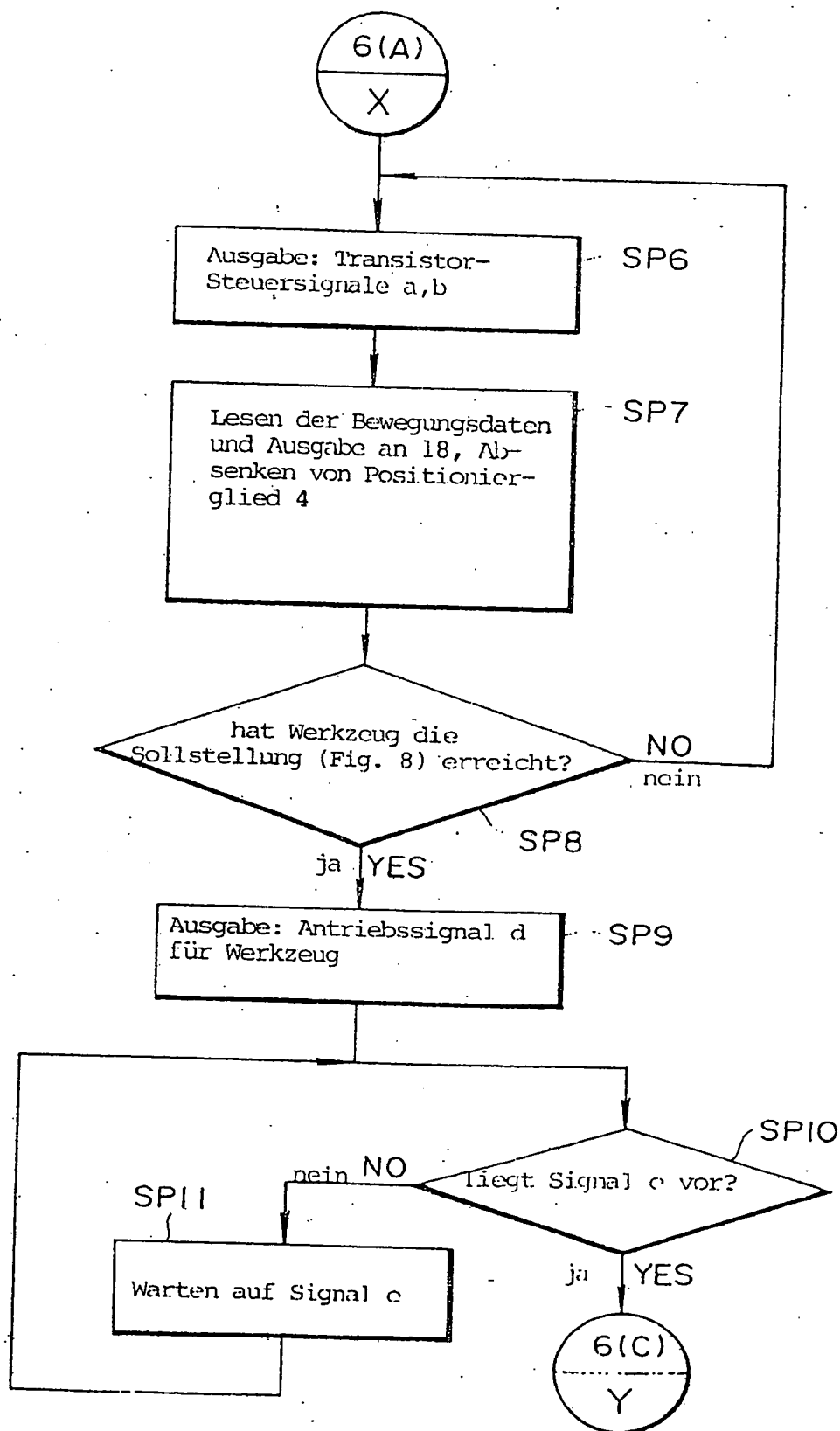


FIG. 6(B)



25-0500

3319169

34.

FIG. 8

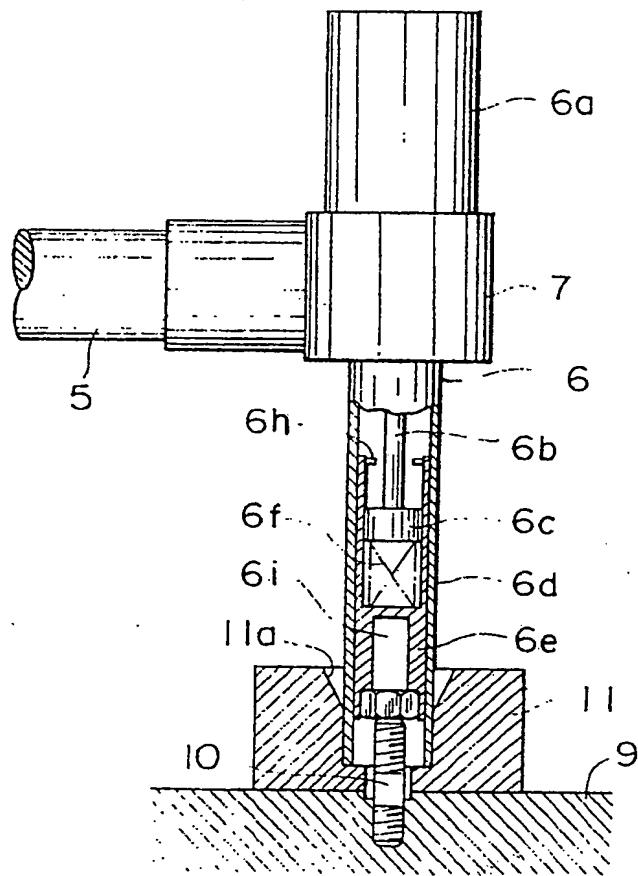
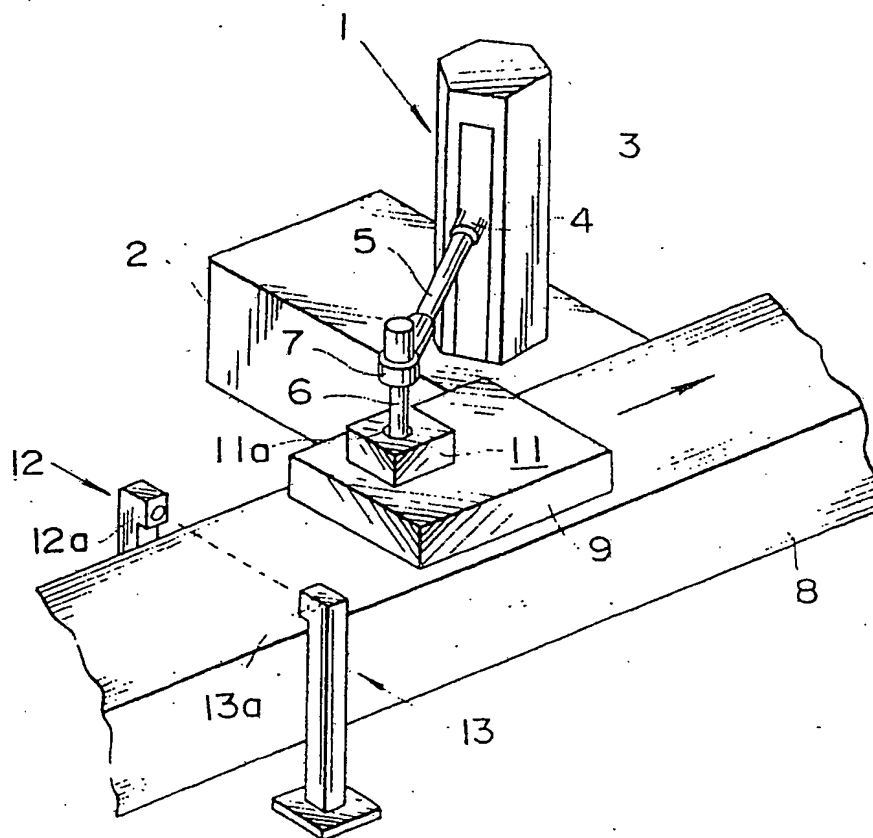


FIG. 9



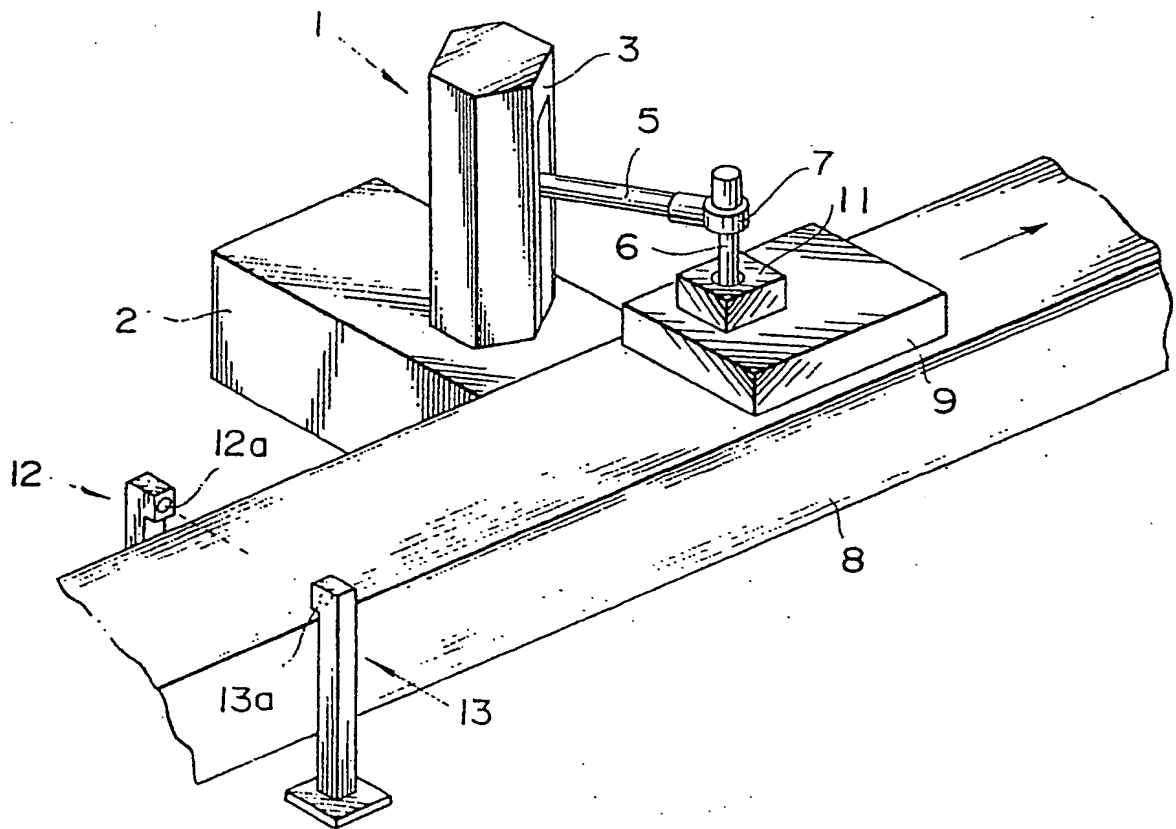
15 05 03

WG 82391/102(3)/TB 11/1

3319169

. 36 .

FIG.10



3319169

. 37.

FIG. 11

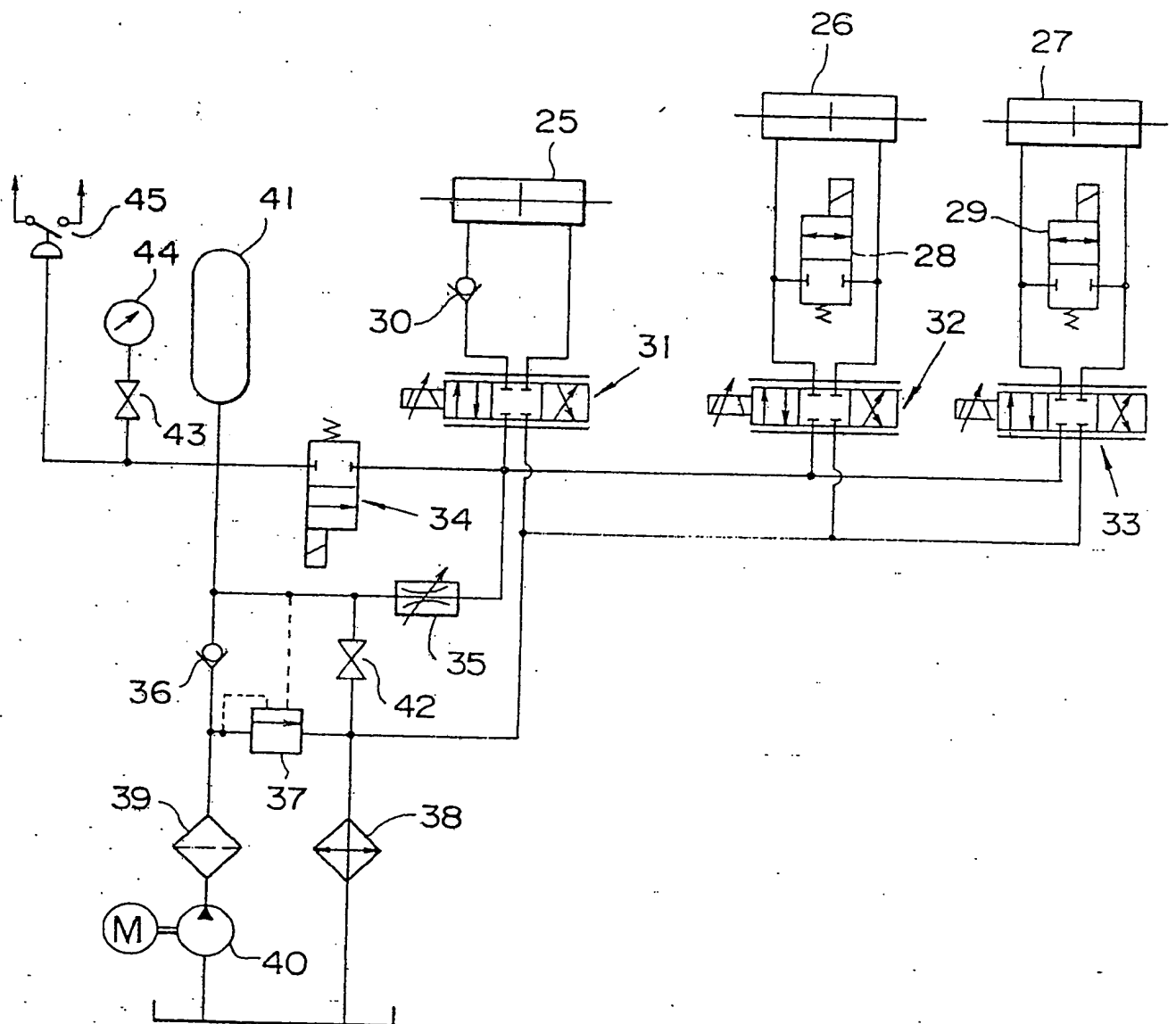
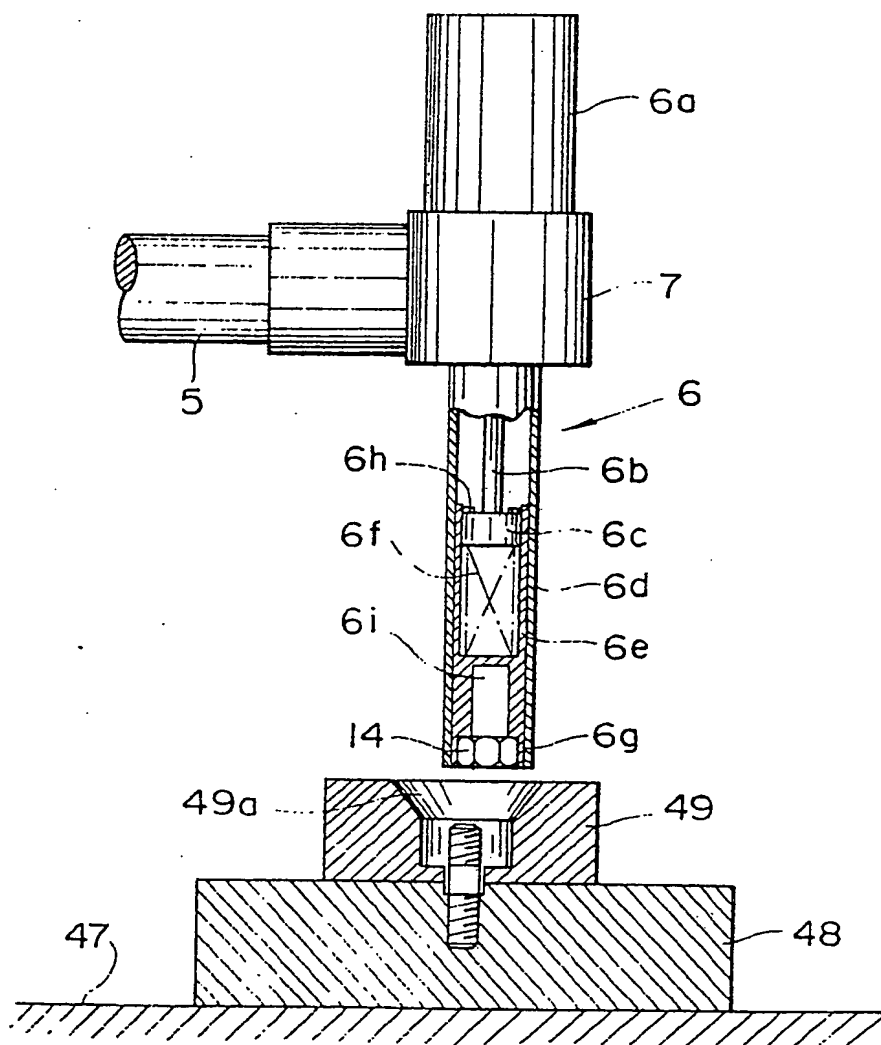


FIG. 12



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**